

## REFERENCES

1. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. Справочник технолога-машиностроителя Том 1. - Москва «Машиностроение», 2003. – 943 с.

## ПОЛУЧЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИЙ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Амеличкин Иван, Фролова Екатерина

Научный руководитель: Фролова Ирина Владимировна,  
к.т.н., доцент ТПУ

Национальный исследовательский Томский политехнический  
университет

Использование промышленных отходов в виде вторичного сырья – одно из главных направлений экономического развития и экологического благополучия страны. Согласно данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году» и федеральному классификационному каталогу отходов, утвержденным приказом Росприроднадзора № 242 от 22.05.2017, было выявлено, что ежегодно в России образуется около 30 тонн золошлаковых отходов (ЗШО). В связи с этим проблема использования техногенных материалов в производстве является актуальной.

Приблизительно 90% серы сегодня – побочный продукт нефтепереработки цветной металлургии. С экологической точки зрения соединения серы занимают одно из первых мест в мире по отрицательному воздействию на окружающую среду. Также, сера в виде пыли, может способствовать возникновению различных хронических заболеваний легких. Техническая сера устойчива к агрессивным средам и обладает высокой прочностью, а такие свойства, как водостойкость и гидрофобность, делают её идеальным материалом для использования в строительной промышленности [1 – 7].

Золошлаковые отходы являются достаточно дешевым продуктом. Применение ЗШО при изготовлении различного вида строительных материалов в существенной степени улучшает их физико-химические свойства. Кроме того, золошлаковые материалы по минералогическому и химическому составу практически идентичны минеральному природному сырью. Использование ЗШО в качестве основного сырья для

производства наполнителей наиболее целесообразно, так как это способствует экономии природных минеральных ресурсов и решению экологической проблемы в стране.

Одно из перспективных направлений использования ЗШО и технической серы является производство безобжигового зольного гравия (БЗГ), который представляет собой искусственный заполнитель, получаемый в виде гранул. Анализ литературных данных показал, что БЗГ используют в строительных растворах и бетонах, как заменитель природных материалов, а также для сооружения дорожных насыпей.

Поэтому целью настоящей работы явилась разработка технологии получения БЗГ, используемого в качестве наполнителя при производстве легких и прочных конструкционных бетонов.

Объектом исследования данной работы явилась сера – попутный продукт Норильского горно-металлургического комбината и зола уноса Северной ТЭЦ. В качестве связующего использовали жидкое стекло, которое обладает модифицирующими свойствами по отношению к сере. Основные свойства технической серы приведены в таблице 1.

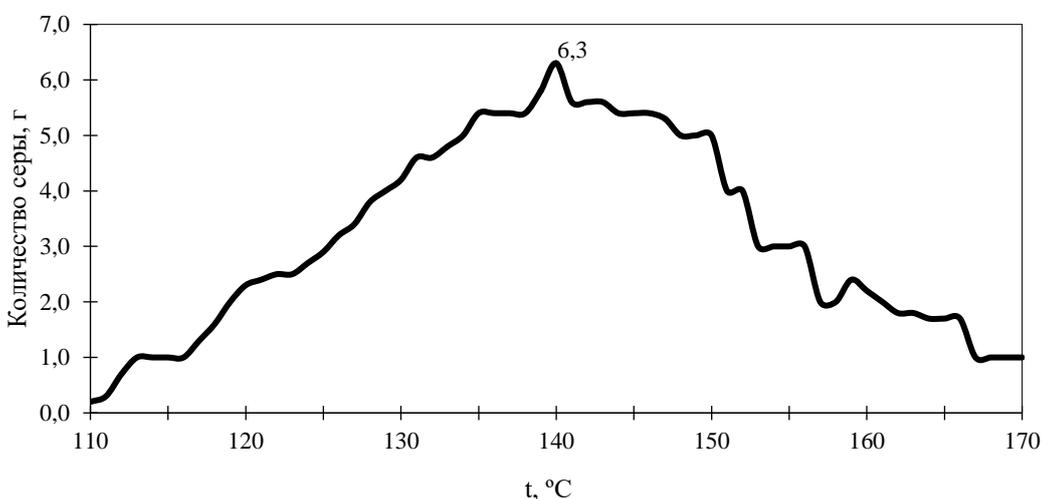
Таблица 1

*Основные свойства технической серы*

Показатель	Температура, °С		
	20	122	140
Вязкость (динамическая), Па·с	-	0,0110 0,0120	0,0081 0,0087
Теплоемкость, кДж/кг	0,7	1,47	1,70
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2100,0	1960,0 1990,0	1730,0 1875,0
Твердость по шкале Мосса	1 – 2	-	-
Поверхностное натяжение, Н/м	-	-	0,057
Прочность при сжатии, МПа	12,0 – 22,0	-	-
Температура плавления, °С	110 – 119		
Температура кипения, °С	444,67		

Известно, что за счет пропитки в серном расплаве прочность материалов на основе ЗШО возрастает. Однако, этой прочности недостаточно для их использования в строительной промышленности.

Поэтому, важно разработать технологию для получения серно-зольных композиционных материалов с более глубоким слоем серы. Пропитывающие свойства серного расплава зависят от его вязкости. Эмпирическим путем было установлено, что при нагревании технической серы до 150 °С с добавлением модификатора жидкого стекла вязкость серного расплава понижается и, следовательно, повышается его пропитывающая способность. При этом на поверхности материала образуется более плотный слой серы. В данной работе спрессованные под давлением 1 МПа таблетки весом 12 г нагревали поочередно в серном расплаве. Из рисунка 1 видно, что максимальное количество расплавленной серы 6,3 грамма впиталось в таблетку при температуре 140 °С. Дальнейшее увеличение температуры приводит к повышению вязкости серы и такой расплав будет уже обладать меньшей проникающей способностью.



*Рис. 1 Зависимость пропитки зольного образца серой от температуры*

Известно, что при использовании жидкого стекла в качестве модификатора вязкость серного расплава понижается в широком интервале температур, что указывает на образование короткоцепных радикалов и отсутствие полимеризации при более высоких температурах. Вследствие этого пропитывающая способность расплава повышается в более широком интервале температур.

Для приготовления сырьевой смеси использовали золу уноса и техническую серу в соотношении 60:40. Полученную смесь помещали на тарель гранулятора, скорость вращения тарели составляла 36 об/мин, угол наклона 45 °. Увлажнение раствором жидкого стекла в момент грануляции осуществляли из пульверизатора для равномерного

распределения жидкости по всему объему смеси, что способствует лучшему сцеплению компонентов.

Время окатывания гранул в тарельчатом грануляторе составило 14-18 минут, влажность гранул – 21 %. Полученные гранулы размером 8-12 мм выдерживали при постоянной температуре 140 °С в течение 30 минут. Далее проводили определение физико-механических характеристик зольного гравия в соответствии с требованиями ГОСТ 9758 «Заполнители пористые неорганические для строительных работ».

Таблица 2

*Физико – механические характеристики зольного гравия*

<b>Насыпная плотность, кг/м<sup>3</sup></b>	<b>Истинная плотность, кг/м<sup>3</sup></b>	<b>Пустотность, %</b>	<b>Водопоглощение, %</b>	<b>Прочность на сдавливании в цилиндре, МПа</b>
960	1520	39	6	5,8

Таким образом, разработан состав зольного гравия на основе золы уноса и технической серы и установлены оптимальные параметры гранулирования. Полученный безобжиговый зольный гравий может быть использован в строительных растворах и бетонах.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Safiuddin Md., Jumaat Mohd Zamin, Salam M.A., Islam M.S., Hashim R. Utilization of solid wastes in construction materials // International Journal of the Physical Sciences. – 2010. – Vol. 5(13). – P. 1952 – 1963.
2. Bruder-Hubscher V., Lagrade F., Leroy M.J., Coughanowr C., Enguehard F. Utilisation of Bottom Ash in Road Construction: Evaluation of the Environmental Impact // Waste Manage. Res. – 2001. – V.19. – P. 545 – 556.
3. Pei-wei G., Xiao-lin L., Hui L., Xiaoyan L., Jie H. Effects of the Ash on the Properties of Environmentally Friendly Dam Concrete // Fuel. – 2007. – V. 86. – P. 1208 – 1211.
4. Chindaprasirt P., Jaturapitakkul C., Sinsiri T. Effect of Ash Fineness on Microstructure of Blended Cement Paste // Constr. Build. Mater. – 2007. – V. 21. – Is. 7. – P. 1534 – 1541.

5. Fernandez-Jimenez A., Palomo A., Criado M. Alkali Activated Ash Binders. A Comparative Study between Sodium and Potassium Activators // Mater. Constr. – 2006. – V. 56. – P. 51 – 65.
6. Волженский А.В., Иванова И.А., Виноградов Б.Н. Применение зол и шлаков в производстве строительных материалов. М.: Стройиздат, 1984. – 216с.
7. Е.И. Путилин, В.С. Цветков Применение зол уноса и золошлаковых смесей при строительстве автомобильных дорог. М.: ФГУП «Союздорнии», 2003. – 57 с.

## **МОДЕЛЬ ГИБРИДНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЦА И ВЕТРА**

Бу Тхи Тху Ван, Абедтазехабади Акрам

Научный руководитель: Ларина Людмила Николаевна,  
к.х.н., доцент ТПУ

Национальный исследовательский Томский политехнический  
университет

В наше время подавляющая доля электроэнергии получается из так называемых невозобновляемых источников энергии. Энергия в том случае берется из запасов определённых веществ, добываемых из недр Земли (уголь, газ, ядерное топливо). Мировой запас этих веществ ограничен и рано или поздно встанет вопрос о том, как получать электроэнергию, когда их запас будет исчерпан.

Из-за растущей тенденции к использованию электрической энергии Земля постепенно переходит к серьёзному энергетическому кризису. Сегодня ученые ищут альтернативы производству электроэнергии. Какое же оптимальное решение можно предложить?

Солнечная энергетика – направление альтернативной энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнце – ближайшая к нам звезда, на которой непрерывно идет термоядерная реакция, сопровождаемая выделением колоссальных количеств тепла. Так за одну секунду, на Солнце вырабатывается больше ядерной энергии, чем электроэнергии, которую произвело человечество за всю свою историю. Солнечная энергетика является «экологически чистой», то есть не производящей вредных отходов во время активной фазы использования.